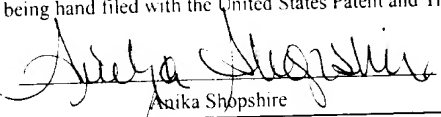


CERTIFICATE OF HAND DELIVERY	
I hereby certify that this correspondence is being hand filed with the United States Patent and Trademark Office in Washington, D.C. on August 22, 2001.	
 Anika Shopshire	



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of:

Yun Hi LEE et al.

Serial No.: To Be Assigned

Filing Date: August 22, 2001

For: PARALLEL AND SELECTIVE
GROWTH METHOD OF CARBON
NANOTUBE ON THE SUBSTRATES
FOR ELECTRONIC-SPINTRONIC
DEVICE APPLICATIONS

Examiner: To Be Assigned

Group Art Unit: To Be Assigned

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing of Korean patent application No. 48907/2000, filed August 23, 2000.

The certified priority document is attached to perfect Applicants' claim for priority.

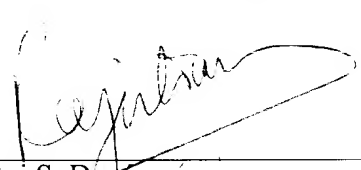
It is respectfully requested that the receipt of the certified copy attached hereto be acknowledged in this application.

In the event that the transmittal letter is separated from this document and the Patent and Trademark Office determines that an extension and/or other relief is required, applicants petition for any required relief including extensions of time and authorizes the Commissioner to charge the cost of such petitions and/or other fees due in connection with the filing of this document to **Deposit Account No. 03-1952**. However, the Commissioner is not authorized to charge the cost of the issue fee to the Deposit Account.

Dated: August 22, 2001

Respectfully submitted,

By: _____


Raj S. Dave
Registration No. 42,465

Morrison & Foerster LLP
2000 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20006-1888
Telephone: (202) 887-8798
Facsimile: (202) 887-0763

JC872 U.S. PTO
09/933833
08/22/01

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 특허출원 2000년 제 48907 호
Application Number

출원년월일 : 2000년 08월 23일
Date of Application

출원인 : 한국과학기술연구원
Applicant(s)

2001 년 05 월 02 일

특허청장
COMMISSIONER

【서류명】 특허출원서
【권리구분】 특허
【수신처】 특허청장
【제출일자】 2000.08.23
【발명의 명칭】 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법
【발명의 영문명칭】 PARALLEL AND SELECTIVE GROWTH METHOD OF CARBON NANOTUBES ON THE SUBSTRATES FOR ELECTRONIC-SPINTRONIC DEVICE APPLICATIONS
【출원인】
【명칭】 한국과학기술연구원
【출원인코드】 3-1998-007751-8
【대리인】
【성명】 조의재
【대리인코드】 9-1998-000509-2
【포괄위임등록번호】 2000-043996-3
【발명자】
【성명의 국문표기】 이윤희
【성명의 영문표기】 LEE, Yun Hi
【주민등록번호】 630228-2038014
【우편번호】 136-120
【주소】 서울특별시 성북구 상월곡동 우남아파트 101-1107
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 주병권
【성명의 영문표기】 JU, Byeong Kwon
【주민등록번호】 621201-1025319
【우편번호】 136-120
【주소】 서울특별시 성북구 상월곡동 우남아파트 101-1107
【국적】 KR
【발명자】
【성명의 국문표기】 장윤택
【성명의 영문표기】 JANG, Yoon Taek
【주민등록번호】 690829-1011313

【우편번호】 131-220
【주소】 서울특별시 중랑구 상봉동 102-91
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
 조의제 (인)
【수수료】
【기본출원료】 15 면 29,000 원
【가산출원료】 0 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 11 항 461,000 원
【합계】 490,000 원
【감면사유】 정부출연연구기관
【감면후 수수료】 245,000 원
【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 원하는 위치에 직접 탄소나노튜브를 수평방향으로 성장시켜 직접화하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법에 관한 것으로, 기판상에 절연막을 형성하는 단계와, 상기 절연막상에 접촉전극 패드를 포함한 촉매금속층의 미세 패턴을 형성하는 단계와, 상기 촉매패턴 간에 탄소나노튜브를 직접 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

【대표도】

도 2c

【색인어】

탄소나노튜브, 촉매금속, CVD 방법, 수평성장

【명세서】

【발명의 명칭】

전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법{PARALLEL AND SELECTIVE GROWTH METHOD OF CARBON NANOTUBES ON THE SUBSTRATES FOR ELECTRONIC-SPINTRONIC DEVICE APPLICATIONS}

【도면의 간단한 설명】

도 1a 내지 도 1b는 종래의 탄소나노튜브의 성장방법을 나타낸 도면

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소나노튜브의 선택적 수평방법을 나타낸 단면도

도 3a 내지 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소나노튜브의 선택적 수평성장을 나타낸 도면

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

100 : 기관

101 : 절연막

103 : 촉매금속

106 : CNT

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<7> 본 발명은 탄소나노튜브(Carbon NanoTubes : CNT)의 선택적 수평성장 방법에 관한 것으로, 특히 원하는 위치에 직접 탄소나노튜브를 수평방향으로 성장시켜 직접화하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법에 관한 것이다.

<8> 최근 들어 소자의 소형화 집적화 정도가 과거 수십년에 비해 보다 빠르고 지속적으로 이루어지므로 새로운 접근 방법이 반드시 필요하게 되었다. 현재, 제품화된 실리콘에서 구현된 최소 구조는 약 $0.35\mu\text{m}$ 이고 앞으로 약 $0.1\mu\text{m}$ 수준까지는 가능할 것으로 전망되고 있다. 그러나 그 이하의 구조는 종래의 리소기술에 근거한다면 어렵다.

<9> 한편, CNT는 1991년 일본 이치마 교수가 발견한 이래로 특이한 전기적 특성 및 기계적 특성이 알려지면서 큰 주목을 받는 차세대 신소재 재료이다. 나노크기의 테라급 분자소자를 형성하는데 있어, 기존의 리소그래피(lithography)기술에 의존하지 않으면서도 $0.1\mu\text{m}$ 이하의 구현은 셀프-어셈블리(self-assembly) 기술을 사용하는 방법과 직경이 약 $1\text{nm} \sim 10\text{nm}$ 로서 1차원 양자선으로 거동하는 CNT의 선택적 성장 및 배선기술의 활용으로도 가능하다.

<10> 기존의 리소기술을 사용한다면 이미 확립된 기술에 의??므로 규칙성과 재현성이 뛰어나므로 집적화에 장점은 있으나 리소(litho)기술 발전에 절대적으로 의존하는 반면, 후자는 재료 자체가 나노크기로 형성되는 메커니즘을 이용하기에 리소기술에 대한 의존도는 없는 반면 재현성과 정형화가 어려워 고수율의 집적화 분자소자 응용에 취약하다.

<11> 이러한 의미에서 CNT에 대한 최근 수년간의 특성 연구 결과들은 나노튜브가 미래의 전자공학에 대한 기반을 형성할 수 있다는 사실을 조심스럽게 시사한다. CNT는 현재 연구되고 있는 다른 계에 비교한다면 화학적으로 비활성적이고 퍼얼스(Pierls) 왜곡에 대해 견고하며 물리적으로도 강하고 매우 탄성적이다.

<12> 도 1a 내지 도 1b는 종래의 탄소나노튜브의 성장방법을 나타낸 도면이다.

<13> 도 1a에 도시한 바와 같이 CNT는 합성과정의 특성 때문에 실제로는 직경과 길이가

제멋대로 성장되므로 정형화가 어려워 현재는 주사터널현미경(STM)이나 원자전자현미경(AFM)의 팁을 사용하여 개별 CNT를 조작/배열함으로써 개별소자를 제작하고 있다. 그러나 제대로 된 나노 집적소자를 제조하려면 기판상에 거의 원자단위의 정확도로 무수히 많은 수의 CNT를 원하는 위치로 이동하여 고착해야한다.

<14> 또한, 도 1b에 도시한 바와 같이 CNT 분말을 몇 차례 정제하고 이미 패턴이 형성된 기판상에 스펀코팅이나 스포이드로 떨어뜨린 후, 원하지 않는 위치에 CNT를 STM 및 AFM 등의 탐침을 사용하여 하나하나 제어하거나 용액에 분산시킨 CNT를 하나 집어내서 기판에 배열하는 방식으로 직접화된(integrated) 소자 제조하기는 거의 불가능하다.

<15> 한편, 현재 대부분 합성분야에서는 디스플레이 응용을 목적으로 기판에 대해 수직으로 형성시키는 기술 개발에 몰두하고 있다. 그러나 수직 성장되고 잘 정렬된 CNT 필름(film)에서도 각 CNT의 길이가 각각 다르고 CNT간의 간격도 불균일하여 as-grown 상태의 CNT를 사용하여 전자소자를 제작하는 것은 매우 어렵다.

<16> 따라서, 현재는 합성된 나노튜브를 수거 및 몇 차례의 정제를 거친 후, 같은 직경과 길이를 갖는 나노튜브를 분리하는 기술 습득에 치중하고 있으며 결국 응용소자 기술 연구에 있어서도 성장된 CNT를 복잡한 다단계 정제과정을 거쳐 재구성하는 연구가 대부분이다. 이러한 일련의 비효율적인 제작과정은 고집적화된 나노전자소자류나 스펀소자 등과 같은 전자기술 개발에는 응용이 불가능한 상태이다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<17> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로 인-사이투(in-situ)로 원하는 위치와 패턴간 및 선택적으로 원하는 이격 거리에 직접 수평방향으

로 성장시켜 고집적도의 전자소자 개발을 위한 반도체 및 전도성 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법을 제공하고 그 응용소자의 예를 제공하는데 그 목적이 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <18> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법은 기판상에 절연막을 형성하는 단계와, 상기 절연막상에 접촉전극 패드를 포함한 촉매금속층의 미세 패턴을 형성하는 단계와, 상기 촉매패턴간에 탄소나노튜브를 직접 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <19> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 절연막은 1100℃ 전기로에서 산화법 및 CVD법을 이용하는 것을 특징으로 한다.
- <20> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 절연막은 100~500nm의 두께로 형성하는 것을 특징으로 한다.
- <21> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 촉매금속은 Ni, Ni/Ti(혹은 Nb), Co, Co/Ti(혹은 Nb), Fe, Fe/Ti(혹은 Nb), $(\text{Ni/Co})_n$, $(\text{Co/Ni})_n$ 및 $(\text{Co/Ni/Co})_n$, $(\text{Ni/Co/Ni})_n$ 을 ($n=1, 2, 3, \dots$)을 이용하는 것을 특징한다.
- <22> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 촉매금속은 3N 이상 순도를 갖고, 상온~150℃로 80~400nm 두께로 형성하는 것을 특징으로 한다.
- <23> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 CNT 성장은 C_2H_2 (혹은 C_2H_4)/ N_2 (H_2 , NH_3)가스 분위기에서 가스압력 10~500Torr, 10~3000초 동안 성장시키는 것을 특징으로 한다.
- <24> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 CNT 성장은 열화학기상 증착 공정(혹은 플라즈마 공정)을 이용하고, 공정실의 온도는 500~750℃(오차범위 상하 50℃)범위로 하는

것을 특징으로 한다.

<25> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 CNT 성장은 자기촉매 역할로서 비정질 탄소박막과 흑연을 사용하고 성장속도는 100(nm/분)임을 특징으로 한다.

<26> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 촉매금속 패턴간 이격거리는 50nm~10 μ m임을 특징으로 한다.

<27> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 CNT의 직경은 1~50nm임을 특징으로 한다.

<28> 상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 접촉전극은 정상금속, 초전도성 금속, 자성금속류를 사용하는 것을 특징으로 한다.

<29> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법에 대하여 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

<30> 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법을 나타낸 단면도이고, 도 3a 내지 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 탄소나노튜브의 선택적 수평성장을 나타낸 도면이다.

<31> 도 2a에 도시한 바와 같이 1100℃ 전기로에서 습식 산화법으로 기판(100)상에 게이트 절연막(101)을 형성한다. 이때, 상기 게이트 절연막(101)은 500nm이다.

<32> 그리고 상기 게이트 절연막(101)상에 촉매패턴을 형성하는 통상의 전자-선 리소방법을 사용하여 촉매패턴간의 거리를 약 30nm~10 μ m로 형성한다. 이때, 리프트-오프 공정을 이용하여 상기 촉매패턴을 정의한다.

<33> 이어, 도 2b에 도시한 바와 같이 전자-선(e-beam) 증착기나 스퍼터법을 이용하여 단일 혹은 다층의 촉매금속층(103)을 형성한다. 이때, 상기 촉매금속층(103)의 두께는

단일층으로 사용하는 경우 80~400nm이고, Ti와 같은 고온에서 CNT의 성중 중 나타나는 촉매층의 grain화를 막기 위한 층(저지층)을 먼저 형성하는 경우에는 상기 촉매금속층(103)의 두께는 보다 얇게 형성할 수 있다. 또한, 상기 촉매금속(103)의 두께에 대한 저지층의 두께비는 약 1:2이상으로 형성한다.

<34> 그리고 상기 촉매금속층(103)간 이격거리(D)는 약 50nm~10 μ m이며, 상기 촉매금속층(103)은 Ni, Ni/Ti(혹은 Nb), Co, Co/Ti(혹은 Nb), Fe, Fe/Ti(혹은 Nb), (Ni/Co)_n, (Co/Ni)_n 및 (Co/Ni/Co)_n, (Ni/Co/Ni)_n(n=1,2,3, ...) 등과 같은 사성금속을 사용할 수 있다.

<35> 또한, 접촉전극 패드(104) 재료로는 정상금속, 초전도성금속, 자성 금속류를 사용하여 여러 전자-스핀 기능을 부여할 수 있다.

<36> 그리고 상기 장착된 시편에 3N 이상의 순도를 갖는 상기 종류의 촉매금속 소오스(source)를 장착한 후, 상온~150℃에서 두께 3nm~400nm로 형성한다.

<37> 이어서, 도 2c에 도시한 바와 같이 CVD(chemical vapor diposition) 방법을 이용하여 선택적으로 앞서 정의한 상기 촉매패턴 사이에 CNT(106)를 성장시킨다. 이때, 상기 CNT(106) 성장은 C₂N₂/C₂N₄/N₂ 분위기에서 가스압력 10~500torr, dir 10~3000초 동안 성장시킨다. 그리고 공정실의 온도는 약 500~750℃ 범위로 한다.

<38> 그리고 상기 CNT(106) 성장은 자기촉매 역할로서 비정질 탄소박막과 흑연을 사용하고 성장속도는 100nm/분 이상이며, 상기 CNT(106)의 직경은 1nm~30nm이다.

<39> 여기서, 상기 성장된 CNT(106)는 도 3a와 같이 서로 마주보는 촉매금속층(103) 패턴간을 CNT(106) 다리(bridge)로 연결하는 형태로 나타난다.

<40> 즉, 상기 촉매금속층(103)의 패턴은 전자빔 식각 후에는 사각패턴의 가장자리와 중심부의 두께가 거의 균일하여 초기에 설계한 사각 패턴이 정확히 정의된다. 이어, 상기 촉매금속층(103)은 상기 CNT(106)의 수평 성장을 위해 반응로의 온도가 공정온도에 도달하는 중에 미리 전자빔 식각으로 정의된 패턴의 가장자리가 수축 확장하면서 얇아지게 되고 이 부분에서 선택적으로 상기 CNT(106)의 성장이 시작된다.

<41> 상기와 같은 현상은 도 3a와 같이 패턴의 가장자리에서 매우 콘트라스트가 높게 나타나는데 이 부분이 중심부에 비해 얇아진 촉매금속층(103)을 나타낸다.

<42> 또한, 도 3b와 같이 전극간을 연결하며 수평성장된 상기 CNT(16)는 그 끝이 양쪽 마주보는 촉매전극 내에 매립되어 있어 CNT-전극 접촉 등에서 나타나는 높은 접촉 저항 문제를 해결할 수 있다.

【발명의 효과】

<43> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법에 있어서는 다음과 같은 효과가 있다.

<44> 원하는 위치에 선택적으로 직접 CNT를 수평 방향으로 성장시키므로 탄소나노튜브를 이용한 모든 전자소자류, 스핀소자류 그리고 이들의 직접화 소자 구현시 및 나노크기의 소자간 배선 및 결선 등의 위한 나노와이어 기술 등에 가장 필수적이고 핵심적인 기술로서 사용될 수 있다.

<45> 또한, 전극간을 연결하며 수평성장된 CNT는 그 끝이 양쪽 마주보는 촉매전극 내에 매립되므로 CNT-전극 접촉 등에서 나타나는 높은 접촉 저항 문제를 해결할 수 있다.

【특허 청구범위】

【청구항 1】

기판상에 절연막을 형성하는 단계와;

상기 절연막상에 접촉전극 패드를 포함한 촉매금속층의 미세 패턴을 형성하는 단계와;

상기 촉매패턴 간에 탄소나노튜브를 직접 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 절연막은 1100℃ 전기로에서 산화법 및 CVD법을 이용하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 절연막은 100~500nm의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 촉매금속은 Ni, Ni/Ti(혹은 Nb), Co, Co/Ti(혹은 Nb), Fe, Fe/Ti(혹은 Nb), $(\text{Ni/Co})_n$, $(\text{Co/Ni})_n$ 및 $(\text{Co/Ni/Co})_n$, $(\text{Ni/Co/Ni})_n$ 을($n=1,2,3 \cdots$)을 이용하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서,

상기 촉매금속은 3N 이상 순도를 갖고, 상온~150℃로 80~400nm 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT 성장은 C_2H_2 (혹은 C_2H_4)/ N_2 (H_2 , NH_3)가스 분위기에서 가스압력 10~500Torr, 10~3000초 동안 성장시키는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT 성장은 열화학기상 증착 공정(혹은 플라즈마 공정)을 이용하고, 공정실의 온도는 500~750℃(오차범위 상하±50℃)범위로 하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT 성장은 자기촉매 역알로시 비정질 탄소박막과 흑연을 사용하고 성장속도는 100(nm/분)임을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서,

상기 촉매금속 패턴간 이격거리는 50nm~10 μ m임을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【청구항 10】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT의 직경은 1~50nm임을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

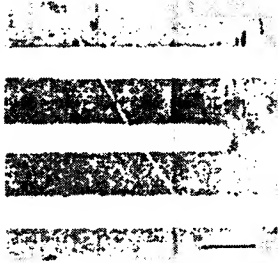
【청구항 11】

제 1 항에 있어서,

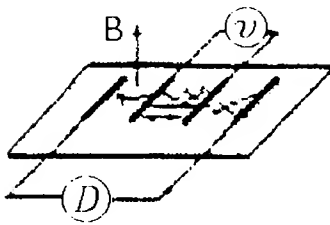
상기 접촉전극은 정상금속, 초전도성 금속, 자성금속류를 사용하는 것을 특징으로 하는 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법.

【도면】

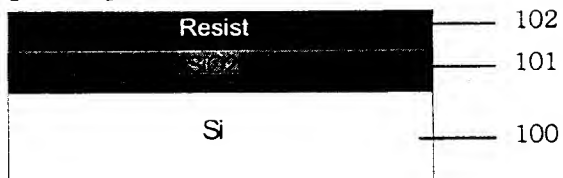
【도 1a】



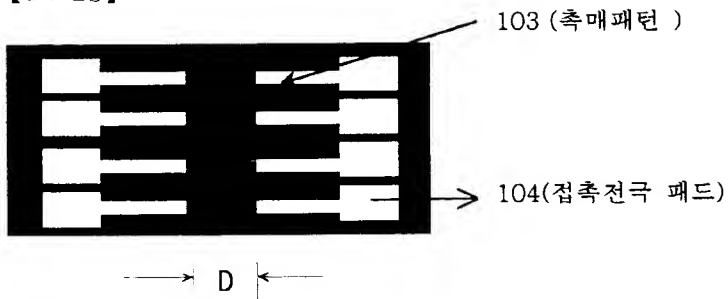
【도 1b】



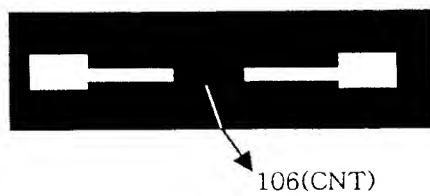
【도 2a】



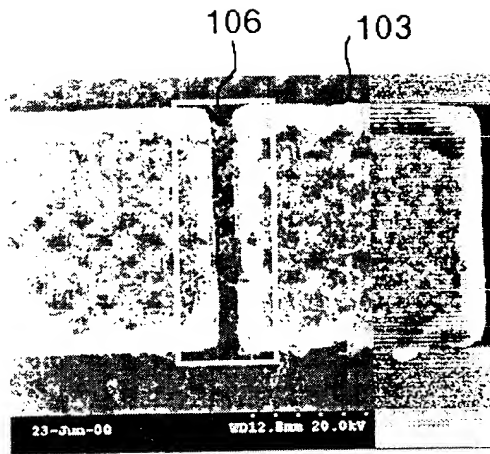
【도 2b】



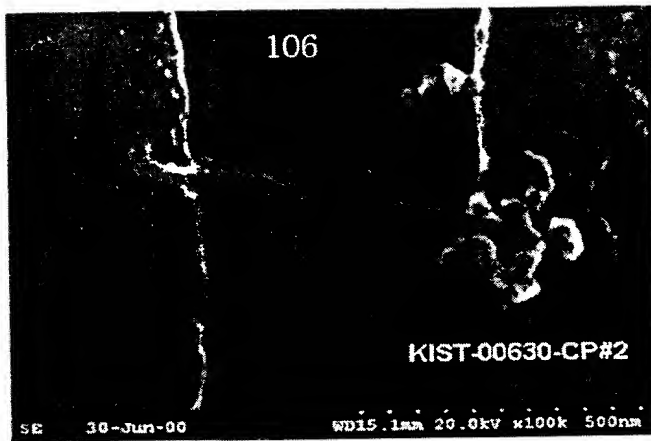
【도 2c】



【도 3a】



【도 3b】



【서류명】	명세서 등 보정서
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2001.04.02
【제출인】	
【명칭】	한국과학기술연구원
【출원인코드】	3-1998-007751-8
【사건과의 관계】	출원인
【대리인】	
【성명】	조의제
【대리인코드】	9-1998-000509-2
【포괄위임등록번호】	2000-043996-3
【사건의 표시】	
【출원번호】	10-2000-0048907
【출원일자】	2000.08.23
【심사청구일자】	2000.08.23
【발명의 명칭】	전자 , 스핀 및 광소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수 평성장 방법{PARALLEL AND SELECTIVE GROWTH AND CONNECTION METHOD OF CARBON NANOTUBES ON THE SUBSTRATE FOR ELECTRON IC-SPINTRONIC DEVICE APPLICATIONS}
【제출원인】	
【접수번호】	1-1-00-0176614-32
【접수일자】	2000.08.23
【보정할 서류】	명세서등
【보정할 사항】	
【보정대상 항목】	별지와 같음
【보정방법】	별지와 같음
【보정내용】	별지와 같음
【추가청구항수】	4
【취지】	특허법시행규칙 제13조의 규정에 의하여 위와 같이 제출함 나다. 대리인 조의제 (인)
【수수료】	
【보정료】	0 원
【추가심사청구료】	128,000 원
【기타 수수료】	0 원

1020000048907

출력 일자: 2001/5/4

【합계】	128,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	64,000 원
【첨부서류】	1. 보정내용을 증명하는 서류_1통[명세서]

【보정대상항목】 발명의 명칭

【보정방법】 정정

【보정내용】

전자, 스핀 및 광소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법{PARALLEL AND SELECTIVE GROWTH AND CONNECTION METHOD OF CARBON NANOTUBES ON THE SUBSTRATES FOR ELECTRONIC-SPINTRONIC DEVICE APPLICATIONS}

【보정대상항목】 식별번호 6

【보정방법】 정정

【보정내용】

102 : 감광재(resist)

103 : 촉매금속층

104 : 성장장벽층(혹은 절연막: 금속일 경우 접촉전극 역할 겸함)

106 : CNT

D : 패턴간 이격거리

【보정대상항목】 식별번호 7

【보정방법】 정정

【보정내용】

본 발명은 탄소나노튜브(Carbon NanoTubes : CNT)의 선택적 수평성장 방법에 관한 것으로, 특히 원하는 위치에 직접 탄소나노튜브를 수평방향으로 성장시켜 직접화하는 전자, 스핀 및 광소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장 방법에 관한 것이다

【보정대상항목】 식별번호 18

【보정방법】 정정

【보정내용】

상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 전자 및 스핀소자 응용을 위한 탄소 나노튜브의 선택적 수평성장 방법은 기판상에 절연막을 형성하는 단계와, 상기 절연막상에 금속전극 패드를 포함한 촉매금속층의 미세 패턴을 형성하는 단계와, 상기 촉매금속층 상부에 수직성장 장벽층을 형성하는 단계와, 상기 촉매패턴 간에 탄소나노튜브를 직접 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

【보정대상항목】 식별번호 19

【보정방법】 정정

【보정내용】

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 절연막은 1100℃ 전기로에서 산화법 및 CVD법을 이용한 열산화막이나, 스퍼터법에 의한 Al_2O_3 박막, SiO_2/Si_3N_4 질화막 혹은 이들의 적층 구조를 이용하는 것을 특징으로 한다.

【보정대상항목】 식별번호 20

【보정방법】 정정

【보정내용】

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 절연막은 50~1500nm의 두께로 형성하는 것을 특징으로 한다.

【보정대상항목】 식별번호 21

【보정방법】 정정

【보정내용】

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 촉매금속은 Ni, Ni/Ti(혹은 Nb), Co, Co/Ti(혹은 Nb), Fe, Fe/Ti(혹은 Nb), $(\text{Ni/Co})_n$, $(\text{Co/Ni})_n$ 및 $(\text{Co/Ni/Co})_n$, $(\text{Ni/Co/Ni})_n$ 을 ($n=1, 2, 3, \dots$) 및 Co/Mg 등을 이용하는 것을 특징한다.

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 성장 장벽층은 산화막이나 질화막 또는 이들의 적층 또는 혼성구조를 사용하며, SiO_2 , Si_3N_4 , $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$, Al_2O_3 등이 사용되는 것을 특징으로 한다. 경우에 따라서는, 수직 성장 장벽층으로서 금속이나 이들의 합금이 사용될 수 있으며 Ti, Pt, W, Nb, V, Au 등이 사용될 수 있으며 이들은 촉매금속이나 촉매금속의 패턴 상부에 형성되어 수직성장을 지지하는 반면, 수평이나 측면성장에 기여한다. 산화막이나 질화물 장벽의 두께는 장벽으로 뿐만아니라 후에 탑게이트(top gate) 소자 구현을 목적으로 20 ~ 30nm 두께내에서 가변한다. 금속이나 합금장벽은 후에 전극으로도 사용될수 있다.

【보정대상항목】 식별번호 22

【보정방법】 정정

【보정내용】

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 촉매금속은 3N 이상 순도를 갖고, 상온 ~ 150℃로 100 ~ 400nm 두께로 형성하는 것을 특징으로 한다.

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 CNT 성장은 C_2H_2 (혹은 C_2H_4)/ N_2 (He, Ar), H_2 혹은

NH₃ 가스 분위기에서 가스압력 10~500Torr, 10~3000초 동안 성장시키는 것을 특징으로 한다. 수송용 기체로서 H₂ 혹은 NH₃를 첨가하는 것을 특징으로 하며 이들의 바람직한 혼합비는 C₂H₂(CH₄) : H₂ = 1 : 1~10를 사용한다.

【보정대상항목】 식별번호 23

【보정방법】 삭제

【보정대상항목】 식별번호 24

【보정방법】 정정

【보정내용】

상기 특징의 바람직한 실시예는 상기 CNT 성장은 열화학기상 증착 공정(혹은 플라즈마 공정)을 이용하고, 주 공정실의 온도는 500~750℃(오차범위 상하±10℃)범위로 하는 것을 특징으로 한다.

【보정대상항목】 식별번호 31

【보정방법】 정정

【보정내용】

도 2a에 도시한 바와 같이 1100℃ 전기로에서 습식 산화법으로 기판(100)상에 게이트 절연막(101)을 형성한다. 이때, 상기 게이트 절연막(101)은 500nm이며 여기에 Al₂O₃를 약 10~50nm 적층한다.

【보정대상항목】 식별번호 32

【보정방법】 정정

【보정내용】

그리고 상기 게이트 절연막(101)상에 촉매패턴을 형성하는 통상의 전자-선 리소방법이나 광사진식각방법을 사용하여 촉매패턴간의 거리를 약 30nm~10 μ m로 형성한다. 이때, 리프트-오프 공정을 이용하여 상기 촉매패턴을 정의한다.

【보정대상항목】 식별번호 33

【보정방법】 정정

【보정내용】

이어, 도 2b에 도시한 바와 같이 전자-선(e-beam) 증착기나 스퍼터법을 이용하여 단일 혹은 다층의 촉매금속층(103)을 형성한다. 이때, 상기 촉매금속층(103)의 두께는 단일층으로 사용하는 경우 10~400nm이고, Ti와 같은 고온에서 CNT의 성증 중 나타나는 촉매층의 grain화를 막기 위한 층(저지층)으로서 Ti와 같은 막을 먼저 형성하는 경우에는 상기 촉매금속층(103)의 두께는 보다 얇게 형성할 수 있다. 또한, 상기 촉매금속(103)의 두께에 대한 저지층의 두께비는 약 1:1이상으로 형성한다.

【보정대상항목】 식별번호 34

【보정방법】 정정

【보정내용】

그리고 상기 촉매금속층(103)간 이격거리(D)는 약 50nm~10 μ m이며, 상기 촉매금속층(103)은 Ni, Ni/Ti(혹은 Nb), Co, Co/Ti(혹은 Nb), Fe, Fe/Ti(혹은 Nb), (Ni/Co)_n,

$(\text{Co/Ni})_n$ 및 $(\text{Co/Ni/Co})_n$, $(\text{Ni/Co/Ni})_n (n=1, 2, 3, \dots)$ 및 Co/MgO 등을 사용할 수 있다.

【보정대상항목】 식별번호 37

【보정방법】 정경

【보정내용】

이어서, 촉매금속 위쪽 방향으로 수직성장을 방해하기 위하여 성장 장벽층(방해층)은 산화막이나 질화막 혹은 이들의 적층 혹은 혼성구조를 사용하거나 SiO_2 , Si_3N_4 , SiO_2 - Si_3N_4 , Al_2O_3 등을 형성한다. 또한, 수직 성장 장벽층(방해층)으로서 금속이나 이들의 합금이 사용될 수 있으며 Ti , Pt , W , Nb , V , Au 등을 사용할 수 있으며 이들은 촉매금속이나 촉매금속의 패턴 상부에 형성되어 수직성장을 저지하는 반면, 수평이나 측면성장에 기여한다. 산화막이나 질화물 장벽의 두께는 장벽으로 뿐만 아니라 후에 탑게이트(top gate) 소자 구현을 목적으로 약 20~300nm 두께내에서 가변한다. 금속이나 합금장벽은 후에 전자 및 스핀 소자에서 전극 역할로도 작용한다.

이어서, 도 2c에 도시한 바와 같이 CVD(chemical vapor diposition) 방법을 이용하여 선택적으로 앞서 정의한 상기 촉매패턴 사이에 CNT(106)를 성장시킨다. 이때, 상기 CNT(106) 성장은 $\text{C}_2\text{N}_2/\text{C}_2\text{N}_4/\text{N}_2$ (혹은 H_2 혹은 NH_3)분위기에서 가스압력 10~500torr, 10~3000초 동안 성장시킨다. 그리고 공정실의 온도는 약 500~750℃ 범위로 한다.

【보정대상항목】 식별번호 38

【보정방법】 정정

【보정내용】

그리고 상기 CNT(106) 성장은 자기촉매 역할로서 비정질 탄소박막과 흑연을 사용할 수 있으며, 성장속도는 100nm/분 이상이며, 상기 CNT(106)의 직경은 1nm~30nm이다.

【보정대상항목】 식별번호 40

【보정방법】 정정

【보정내용】

즉, 상기 촉매금속층(103)의 패턴은 사진 식각 혹은 전자빔 식각 후에는 사각패턴의 가장자리와 중심부의 두께가 거의 균일하여 초기에 설계한 사각 패턴이 정확히 정의된다. 이어, 상기 촉매금속층(103)은 상기 CNT(106)의 수평 성장을 위해 반응로의 온도가 공정온도에 도달하는 중에 미리 전자빔 식각으로 정의된 패턴의 가장자리가 수축 확장하면서 보다 얇아지게 되고 이 부분을 중심으로 뿌리(root)가 생겨나고 여기서부터 선택적으로 상기 CNT(106)의 성장이 시작된다.

【보정대상항목】 식별번호 42

【보정방법】 정정

【보정내용】

또한, 도 3b와 같이 전극간을 연결하며 수평성장된 상기 CNT(16)는 그 양끝이 비주보는 촉매패턴 내에 매우 견고하게 매립되어 있어 CNT-전극 접촉 등에서 나타나는 높은 접촉 저항 문제를 해결할 수 있다.

【보정대상항목】 식별번호 44

【보정방법】 정정

【보정내용】

원하는 위치에 선택적으로 직접 CNT를 수평 방향(가로방향)으로 성장시키므로 탄소 나노튜브를 이용한 모든 전자소자류, 스핀소자류 그리고 이들의 직접화 소자 구현시 및 나노크기의 소자간 배선 및 결선 등의 위한 나노와이어 기술 등에 가장 필수적이고 핵심적인 기술로서 사용될 수 있다.

【보정대상항목】 식별번호 45

【보정방법】 정정

【보정내용】

또한, 전극간을 연결하며 수평성장된 CNT는 그 끝이 양쪽 마주보는 촉매전극 내에 매립되므로 CNT-전극 접촉 등에서 나타나는 높은 접촉 저항 문제를 근본적으로 해결할 수 있다.

【보정대상항목】 청구항 1

【보정방법】 정정

【보정내용】

기판상에 절연막을 형성하는 단계와;

상기 절연막상에 접촉전극 패드를 포함한 촉매금속층의 미세 패턴을 형성하는 단계와;

상기 촉매금속층 상부에 수직성장 장벽층을 형성하는 단계와;

상기 촉매패턴 간에 탄소나노튜브를 직접 성장시키는 단계를 포함하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 2

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 절연막은 1100℃ 전기로에서 산화법 및 CVD법을 이용하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 3

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 절연막은 50~500nm의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 4

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 촉매금속은 Ni, Ni/Ti(혹은 Nb), Co, Co/Ti(혹은 Nb), Fe, Fe/Ti(혹은 Nb), $(\text{Ni/Co})_n$, $(\text{Co/Ni})_n$ 및 $(\text{Co/Ni/Co})_n$, $(\text{Ni/Co/Ni})_n$ 을($n=1,2,3, \dots$) 및 Co/MgO 중 적어도 어

는 하나를 이용하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 5

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 촉매금속은 3N 이상 순도를 갖고, 상온 \sim 150 $^{\circ}$ C로 80 \sim 400nm 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 6

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT 성장은 C_2H_2 (혹은 C_2H_4)/ N_2 (He, Ar), H_2 , NH_3 가스 분위기에서 가스압력 10 \sim 500Torr, 10 \sim 3000초 동안 성장시키는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 7

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT 성장은 열화학기상 증착 공정(혹은 플라즈마 공정)을 이용하고, 공정실의 온도는 500~750℃(오차범위 상하±10℃)범위로 하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 8

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT 성장은 자기촉매 역할로서 비정질 탄소박막과 흑연을 사용하고 성장속도는 100(nm/분)임을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 9

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 촉매금속 패턴간 이격거리는 50nm~10μm임을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 10

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 CNT의 직경은 1~50nm임을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 11

【보정방법】 정정

【보정내용】

제 1 항에 있어서,

상기 선택전극은 정상금속, 초전도성 금속, 자성금속류를 사용하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 12

【보정방법】 추가

【보정내용】

제 1항에 있어서,

상기 수직성장 장벽층으로 산화막, 질화막, 상기 산화막과 질화막의 적층구조, 상기 산화막과 질화막의 혼성구조, SiO_2 , Si_3N_4 , $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4$, Al_2O_3 중 어느 하나가 사용되는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 13

【보정방법】 추가

【보정내용】

제 1항에 있어서,

상기 수직 성장 장벽층으로 금속이나 상기 금속의 합금이 사용되며, 상기 금속으로 Ti, Pt, W, Nb, V, Au 가 사용되는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 14

【보정방법】 추가

【보정내용】

제 12항에 있어서,

상기 수직 성장 장벽층은 탑게이트(top gate)소자 구현을 위해 20~30nm두께로 사용하는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.

【보정대상항목】 청구항 15

【보정방법】 추가

【보정내용】

제 13항에 있어서,

상기 수직 성장 장벽층은 전극으로 사용되는 것을 특징으로 하는 전자, 스핀 및 광 소자 응용을 위한 탄소나노튜브의 선택적 수평성장방법.